

Une éruption volcanique doit être un spectacle des plus effrayants. Cette photo du volcan Gaua aux îles Banks a été prise d'un avion volant à une altitude intrepidement basse.

la prévision des éruptions volcaniques et la protection des populations

Par Claude Blot, Géophysicien-Volcanologue, Docteur ès Sciences, Directeur de Recherches à l'ORSTOM.

La prévision des éruptions volcaniques peut être tentée par l'observation des phénomènes prémonitoires localisés à faible profondeur sous les volcans et décelables par des :

méthodes physiques : sismiques, géodésiques, gravimétriques, géomagnétiques, géoelectriques, thermométriques ; et des

méthodes chimiques : analyses, chromatographies des gaz.

Ces phénomènes sont perçus (dans les cas favorables) quelques semaines, ou quelques jours, avant l'éruption et actuellement par les peu nombreux observatoires de surveillance de volcans.

Les lois de migration des foyers sismiques et de corrélation entre les séismes du manteau supérieur terrestre et les éruptions de volcans dans les structures d'arc insulaire, lois découvertes et testées récemment, peuvent per-

mettre des prévisions à long terme (plusieurs mois).

A l'instigation de l'UNESCO, un groupe de travail international de volcanologues a été constitué pour la limitation des désastres volcaniques. Les spécialistes qui sont dépêchés sur les lieux après le déclenchement d'une éruption pour en étudier les effets et l'évolution pourraient être envoyés quelque temps avant, avec le matériel adéquat, pour en déceler les symptômes et en prévoir les conséquences.

Les phénomènes prémonitoires des éruptions volcaniques et leur détection

(1) LES METHODES SISMQUES

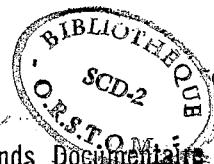
En général, une éruption ou une augmentation de l'activité d'un volcan est précédée par des crises sismiques localisées à faible profondeur (h) et évoluant suivant les types successifs :

Extrait de : " Bull. du pacifique sud " Vol. 25, n° 1 -1975

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 32961

Cote : B





Un avion d'Air Mélanésie décolle de la plaine de cendres située au pied du volcan Tanna ; le lac Sivi est à l'arrière-plan.

- A : séismes volcano-tectoniques
($h = 2 - 20 \text{ km}$) ;
- B : essaims de séismes volcaniques
($h = 0.5 - 2 \text{ km}$) ;
- C : séismes d'explosion
($h = 0 - 0.5 \text{ km}$).

Dans le cas des volcans andésitiques (laves assez visqueuses issues d'un magma acide, riche en silice) qui ont une activité explosive (la plupart des volcans de la ceinture de feu du Pacifique), les séismes du type A peuvent débiter quelques semaines ou quelques jours avant une éruption, ceux du type B quelques jours ou quelques heures avant.

Pour les volcans basaltiques (laves assez fluides provenant d'un magma basique pauvre en silice) qui ont une activité effusive (les volcans hawaïens) on observe des vibrations continues du sol de plus ou moins longue durée (microséismes volcaniques).

Les normes de corrélation entre ces activités sismiques et les manifestations volcaniques sont spécifiques de chaque volcan. Ainsi, il est impossible de donner pour tous les volcans une formule standard pour déterminer la date exacte d'une éruption avec quelque certitude. Cependant, la localisation des épicentres des secousses prémonitoires peut indiquer avec précision le lieu de l'éruption à venir.

L'augmentation du nombre et de l'énergie des séismes précurseurs peuvent indiquer l'immi-

nence d'une éruption et des méthodes de prévision basées sur la courbe d'accumulation de ces paramètres sismiques ont été élaborées pour certains volcans au Japon et au Kamchatka. Mais, il arrive parfois que, malgré une importante crise de séismes volcanotectoniques et de séismes volcaniques, l'éruption ne se produise pas : elle a avorté. De telles circonstances ont été observées pour des volcans japonais (Omuro-Yama et Hakone), et antillais (Nevis Peak et Montserrat). En Nouvelle-Zélande, on observe de temps en temps dans la région des volcans, en particulier sous le lac Taupo, des essaims de séismes sans manifestation volcanique externe.

La détection et la localisation de ces séismes volcaniques s'effectuent avec un réseau de sismographes enregistreurs. Les signaux captés par les sismographes peuvent être transmis par ondes radio à un central d'enregistrement ce qui permet la surveillance à distance du volcan.

(2) LES METHODES GEODESIQUES

La poussée du magma et des gaz déforme les parois et les abords du volcan concerné. Ainsi, sur les volcans hawaïens, avant une éruption, les sommets se gonflent et l'inclinaison des pentes augmente, tandis qu'après une éruption, le processus inverse se produit. Les observations et les mesures de ces variations de niveaux s'effectuent avec des "tiltmètres", les déformations avec des "extensomètres". Actuellement, on utilise des "géodimètres à laser" qui permettent des mesures très précises.

(3) LES METHODES GRAVIMETRIQUES

L'observation des variations du champ local de gravité pourrait également permettre de déceler ces déformations ainsi que la montée de la masse magmatique, mais la sensibilité actuelle des gravimètres de terrain ne permet pas encore des résultats valables.

(4) LES METHODES GEOMAGNETIQUES

Des enregistrements effectués dans des observatoires proches de volcans ont montré que des variations dans l'activité volcanique sont accompagnées de fluctuations du champ magnétique local. Ce phénomène est apparemment causé par la démagnétisation des roches quand elles sont chauffées à une température supérieure à celle du point de Curie (600°C environ) et par l'augmentation locale des contraintes dues à la pression du magma. Pour détecter de telles variations (très faibles) des magnétomètres de grande sensibilité sont utilisés, et, en particulier, des magnétomètres à résonance nucléaire.

(5) LES METHODES GEOELECTRIQUES

La résistivité du sous-sol au voisinage d'un cratère volcanique peut varier avec les fluctuations de température, d'humidité, des conditions chimiques et du champ de pression. Toutes ces variations peuvent précéder une éruption d'où une possibilité de prévision. Les mesures de prospection électrique sont relativement simples et peu onéreuses, mais les in-

interprétations sont souvent difficiles et peu de résultats probants ont été publiés.

(6) LES METHODES THERMOMETRIQUES

L'élévation de température des fumerolles, de l'eau des lacs de cratère... peut être annonciatrice d'une prochaine éruption volcanique. L'observation continue des températures dans le cratère du volcan Aso au Japon durant une longue période de temps a montré qu'une intensification de l'activité avait lieu habituellement après une brusque élévation suivie d'une diminution de température. Deux à trois jours après le début de cette diminution, une éruption est possible. Aux Philippines, les éruptions du Taal sont nettement précédées d'une élévation de la température du lac Bombon.

En Indonésie, les augmentations de température ne sont pas toujours observées avant les éruptions des volcans Mérapi, Slamet, Anak Krakatau. Les mesures de température sont faites *in situ* avec des "thermistors" et des "thermocouples" (enregistreurs). Les variations de température peuvent actuellement être détectées à distance par des "radiomètres à infrarouge" qui peuvent être placés à bord d'avions et de satellites terrestres artificiels.

(7) LES METHODES CHIMIQUES

Les émanations gazeuses des volcans ont une composition chimique qui varie selon la constitution du magma origine, des roches traversées, ainsi que selon leur température et leur pression.

L'étude du comportement des gaz pourrait apporter quelques informations complémentaires sur l'activité d'un volcan, le dynamisme d'une éruption étant associé à la phase gazeuse. Mais l'analyse chimique des gaz volcaniques *in situ* est très ardue et les méthodes de mesures continues probantes sont encore à rechercher. En effet, les prélèvements de gaz faits en surface ou à faible profondeur sont contaminés par les agents atmosphériques : air, pluie, etc. D'autre part, cette méthode rencontre des difficultés technologiques sérieuses : les matériaux utilisés pour les capteurs doivent résister aux températures élevées et à la forte acidité des gaz. L'analyse rapide des gaz sur un volcan s'effectue avec des tubes détecteurs de Draeger. Depuis quelques années, l'application des méthodes chromatographiques a simplifié et accéléré l'acquisition des données.

Pour progresser dans la prévision des éruptions volcaniques, il serait évidemment plus efficace d'expérimenter toutes ces méthodes durant la phase prémonitoire, c'est-à-dire durant les quelques mois ou semaines précédant le réveil de volcans.

Les corrélations entre séismes tectoniques et éruptions volcaniques

Ayant séjourné durant plusieurs années (1957-1965) dans le sud-ouest Pacifique, j'ai eu l'occasion d'observer de près un arc insulaire typique : l'archipel des Nouvelles-Hébrides avec



Vue à vol d'oiseau du cratère d'un volcan en ébullition à l'île Tanna.

ses volcans en activité sporadique (Ambrym, Lopevi, Karua, Gaua) ou permanente (Yasour, Ile Tanna) et ses tremblements de terre plus ou moins violents et profonds, souvent ressentis par la population et dans tous les cas enregistrés en permanence depuis 1960 par le réseau de stations sismologiques installées par mes soins dans cette région.

L'examen des enregistrements des séismes, la localisation de leurs foyers, la surveillance de l'activité des volcans, la réception rapide des informations par des vacations radio, toutes ces activités étant réalisées quotidiennement, ont contribué à la remarque d'une relation de temps entre les phénomènes sismologiques et volcaniques.

Cette découverte a été signalée dès 1962 (Symposium International de Volcanologie, Tokyo), les conclusions de ce premier rapport étant les suivantes :

aux Nouvelles-Hébrides, tous les séismes intermédiaires de grandes magnitudes (7 et plus) situés sous un volcan ont été suivis d'éruptions violentes de ce volcan : les éruptions modérées ont été précédées de séismes de magnitude moindre ;

l'intervalle de temps séismes intermédiaires — éruptions (quelques mois) dépend, pour un même volcan, de la profondeur du séisme pré-curseur (120 à 250 km) ;

les rapports distance (foyer sismique à volcan) — intervalle de temps (D.t) dépendent du type de volcan et du caractère de ses éruptions. Ils varient de 0,5 à 2 km jour.

Les recherches poursuivies ensuite sur la sismicité et le volcanisme des Nouvelles-Hébrides et des autres régions du globe ont confirmé ces corrélations fondamentales entre séismes intermédiaires et éruptions des volcans, et ont mis en évidence des migrations régulières de séismes dans toutes les structures des arcs insulaires. En effet, sous ces régions, la simplicité se répartit aux différents niveaux: superficiel (ou normal) (0 — 70 km), intermédiaire (70 — 300 km) et profond (300 — 700 km), sur des plaques lithosphériques s'enfonçant dans l'asthénosphère. Il existe dans chaque secteur d'un arc insulaire, une liaison temporelle systématique entre les séismes de différentes profondeurs. Dans les parages des volcans, les éruptions sont directement ou indirectement liées à ces migrations de séismes.

Prévisions des éruptions volcaniques et des séismes

Tests de prévision des éruptions volcaniques:

Afin de tester les corrélations entre les séismes du manteau supérieur et les activités volcaniques, des prévisions d'éruptions de volcan ont été tentées depuis 1963 dans les arcs insulaires des Nouvelles-Hébrides et des Salomon.

De 1963 à 1969, ces tests (6 au total) ont été faits pour des séismes du manteau supérieur particulièrement bien distribués par rapport aux volcans et de magnitude au-dessus de la moyenne. Une indétermination de 30 jours étant admise (en admettant une erreur sur les profondeurs et les coordonnées de ± 20 km), ces prévisions d'éruptions ont toutes été exactes.

Trois de ces prévisions concernaient le réveil de volcans assoupis depuis longtemps:

Gaua (Iles Banks): en novembre 1963;
Volcan sous-marin "Cook" (Iles Salomon): en mai 1965;

Tinakula (Iles Santa-Cruz): le 23 novembre 1965

(Pour ce dernier volcan, l'île avait été évacuée quelques jours avant).

A partir de 1970, les tests de prévision, sous la forme d'un bulletin, ont été adressés aux Services Géologiques du Condominium des Nouvelles-Hébrides pour chaque semestre après analyse de la situation sismique antérieure

De 1970 à 1973 (4 ans) il y a eu 20 éruptions prévues et 15 éruptions réussies à ± 15 jours, d'où une efficacité à 75%.

Le tableau suivant résume toutes les prévisions faites avec la date d'envoi, la date prévue, le jour effectif de l'éruption et l'écart entre la prévision et l'observation (en jours).

Prévisions d'éruptions volcaniques dans le sud-ouest Pacifique

PREVISIONS			OBSERVATIONS			Ecart en jours
Date d'Envoi	Volcan	Date Prévue	Date Eruption	Volcan		
1963 juin	Gaua	1963 sept. nov.	1973 nov.	9	Gaua	
1964 janv. : 24	Volcan sous- marin, Ile Salomon	1964 mai 21	1964 mai 25	Volcan sous- marin "Cook"		+ 4
1965 juil.	Ambrym	1965 août. sept.	1965 août	20	Ambrym	
1965 oct. 29	Tinakula	1965 nov. 15	1965 nov. 23	Tinakula		+ 8
1966 juin 15	Tinakula	1966 juil. 15	1966 juil. 21	Tinakula		+ 6
	Ambrym	1966 sept. 1	1966 sept. 6	Ambrym		+ 5
	Lopevi	1966 sept. 1	1966 sept. 6	Lopevi		+ 5
1968 juin	Ambrym	1968 sept. 1	1968 août 20			
	Lopevi	1968 sept. 1	1968 août 20	Lopevi		- 10
1970 fev. 25	Ambrym	1970 mai (début)	1970 mai 5-8	Ambrym		\pm 10
	Lopevi	1970 mai	1970 mai 9	Lopevi		
	Lopevi	1970 mai	1970 mai 13-20	Ambrym		
1970, juil. 15	Gaua	1970 juil. (début)	1970 juin 6	Gaua		\pm 10
	Ambrym	1970 août (fin)	1970 août 29	Ambrym		- 3
	Karua	1970 sept. 15	1970 sept. 12	Karua		- 3
	Lopevi		1970 sept. 7	Lopevi		- 8
1971 mars 3	Gaua	1971 mai 15	1971 mai 12	Gaua		- 3
	Ambrym	1971 juin 15	1971 juin 2	Ambrym		- 13
	Ambrym	1971 sept. 15	1971 sept. 29	Ambrym		+ 14
	Tinakula	1971 à partir d'août	1971 sept. 6	Tinakula		*
1971 mai 7	Lopevi	1972 mars 20	1972 avril 15-24	Lopevi		
1971 nov. 24	Ambrym	1972 avril 5		Ambrym		+ 10

Prévision d'éruption du volcan Gaua (Nouvelles-Hébrides)

En septembre 1973 un bulletin de prévision d'éruption du volcan Gaua était adressé aux chefs du Geological Survey et du Service des Mines des Nouvelles-Hébrides, un séisme intermédiaire de magnitude $m = 6,1$ étant survenu sous ce volcan en août 1973 à une profondeur de 200 km.

D'après les résultats des observations sur les corrélations entre les séismes intermédiaires et les éruptions du volcan Gaua, le délai moyen entre ces deux phénomènes ayant été de 168 ± 23 jours, on pouvait s'attendre à une éruption de ce volcan vers le 15 janvier 1974 ± 23 jours, soit entre le 24 décembre 1973 et le 7 février 1974.

Etant donné la magnitude du séisme ($M = 6,5$ dans l'échelle de Richter) et la présence d'un grand lac de cratère, les risques d'une éruption dangereuse ont été envisagés et les autorités administratives ont fait évacuer l'île (environ 450 habitants) le 15 décembre.

Le 28 décembre, une très violente crise sismique secouait la région (2 secousses de magnitude supérieure à 7). Tandis que la sismicité se calmait, le 10 janvier 1974 un nouveau séisme de magnitude 7,5 ébranlait l'île. Peu après, une petite éruption de gaz était aperçue.

A partir du 15 janvier, la station sismique installée depuis le mois de décembre sur l'île enregistra une *crise de séismes-volcaniques* typique d'une effervescence magmatique à faible profondeur. Cette crise se poursuivait avec des périodes d'activité et de calme pendant plusieurs semaines avec des manifestations gazeuses du Mont Gharat, mais le cratère ne se déboucha pas. A la fin du mois de février, la population a pu regagner les villages de l'île Gaua.

L'énergie interne ascendante issue du séisme du 1er août 1973 n'a probablement pas été suffisante pour déboucher la cheminée du cratère et l'intrusion du magma dans les fractures internes sous le volcan a dû provoquer cette importante crise sismo-volcanique. L'éruption a été avortée et peut-être remise à plus tard quand un nouveau processus interne se déclenchera.

La protection des populations

Un groupe de travail international de volcanologues a été constitué lors de la 15^{ème} Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI) à Moscou (1971) dans le cadre de l'Association Internationale de Volcanologie (AIV) et à l'instigation de l'UNESCO. Son objectif est la limitation des désastres volcaniques et dans ce but il est chargé tout d'abord :

- de préparer pour l'UNESCO un manuel qui serve de guide, en cas d'éruption, aux équipes multinationales constituées d'experts fournis par les organismes nationaux existants ;
- de préparer et de tenir à jour une liste des



Un groupe d'habitants de Tanna au bord d'un cratère récemment en éruption.

institutions s'occupant habituellement d'études des volcans actifs ou des dangers volcaniques, avec une description de leurs moyens en hommes et en matériel et une indication du niveau et du genre de prestations que chacun pourrait fournir aux missions volcaniques d'urgence de l'UNESCO ;

de servir d'agent de liaison et de source d'information pour encourager et faciliter les efforts multinationaux dans l'entreprise d'études de volcans ou de régions volcaniques particulièrement dangereux pour les vies humaines et où aucune étude systématique des volcans n'est en cours ;

de préparer des projets à longue échéance pour la limitation des désastres volcaniques en établissant un Centre de Volcanologie appliquée en accord avec les souhaits exprimés en cette matière dans les résolutions du Congrès des Sciences du Pacifique et par l'UGGI.

Le groupe de travail pour la limitation des désastres volcaniques a procédé au recensement des volcans dangereux répartis sur le globe terrestre, de ceux qui étaient sous surveillance constante (observatoires) et des appareillages utilisés. La constitution d'équipes de spécialistes et la procédure de leur acheminement rapide sur les lieux dès l'annonce d'une éruption sont actuellement à l'étude en fonction des disponi-

bilités régionales, ainsi que des accords des pays concernés.

Dans l'optique actuelle de l'UNESCO, de telles équipes interviendraient moins de 72 heures après le début d'une éruption importante afin d'étudier sur place l'évolution du phénomène pour en atténuer les dégâts et les pertes en vies humaines. Or, bien souvent, le réveil d'un volcan est la phase la plus dangereuse d'une éruption et les désastres se produisent dans les premières heures, voire à l'instant initial de l'activité volcanique. Il serait beaucoup plus efficace que les missions scientifiques puissent travailler sur un volcan peu avant une éruption qu'après le déclenchement de celle-ci.

Les corrélations entre les séismes et les phénomènes volcaniques permettent de pronostiquer l'éventualité d'une éruption plusieurs mois avant son début. Il serait ainsi possible d'organiser et d'envoyer sur place une mission polyvalente de spécialistes, de mettre dans les meilleures conditions en station l'appareillage adéquat afin de capter les symptômes de la proche éruption et, si possible, d'en évaluer les risques pour prendre les mesures qui s'imposeraient. Même si l'éruption avortait, la moisson des observations et des mesures faites serait beaucoup plus probante que celle récoltée lors des expéditions effectuées sur certains volcans en fonction d'un calendrier et d'un objectif établis

surtout pour les commodités de la mission.

Une telle mission aurait sans doute pu, à la fin de l'an passé, contribuer à acquérir une meilleure connaissance des phénomènes qui ont évolué sous le volcan de l'île Gaua sans manifestation volcanique externe importante et donner un avis compétent sur une évacuation qui, par défaut, fut un peu hâtive mais très prudente.

Rejetée *a priori*, reconnue à l'étranger, puis peu à peu acceptée par certains scientifiques de son pays, tel est le sort de toute nouvelle découverte ou théorie. Le concept original des corrélations entre les migrations de séismes et les éruptions volcaniques aura mis une douzaine d'années pour commencer à être pris en considération puisque l'auteur a pu soutenir une thèse de doctorat d'Etat sur ce sujet tout récemment.

La région des Nouvelles-Hébrides où ces phénomènes sismo-volcaniques ont été découverts est un terrain de recherches expérimentales très favorable et il serait ardemment souhaitable que ces études puissent y être reprises. De telles recherches et des prévisions fiables intéressant la protection des habitants des différents archipels volcaniques de la région du sud-ouest Pacifique pourraient recevoir l'appui d'un organisme international tel que la Commission du Pacifique Sud. □

Texte original : français

EPARGNEZ DES CENTAINES DE DOLLARS EN CHOISSANT LES CHAMBRES FROIDES ET CONGELATEURS EN ALUMINIUM LES PLUS OPERATIONNELS D'AUSTRALIE

Des centaines sont déjà installés ! Ce sont les chambres froides supplémentaires les plus économiques pour provisions en bouteilles et produits alimentaires ; elles possèdent la plus grande capacité de stockage de tous les autres modèles de chambres froides aux mêmes dimensions externes. Cinq tailles, de 90 à 360 pieds cubes de capacité ; 16 modèles donnant la température normale, deux températures, congélation, ou pour l'emmagasinage de pâtisseries et de glaces. Intérieur en vinyl blanc, extérieur en aluminium repoussé inoxydable.

● FOURNIS EN ELEMENTS FACILES A MONTER AVEC TROUSSE D'INSTALLATION.

En vente chez :

AUSTRALIAN-NEW CALEDONIA EXPORTS (SILVER & BARDA), 363 George St., Sydney; 2000 et dans leurs Agences.

BRECKWOLDT & CIE., 276 Pitt St., Sydney; 2000 et leurs Agences.

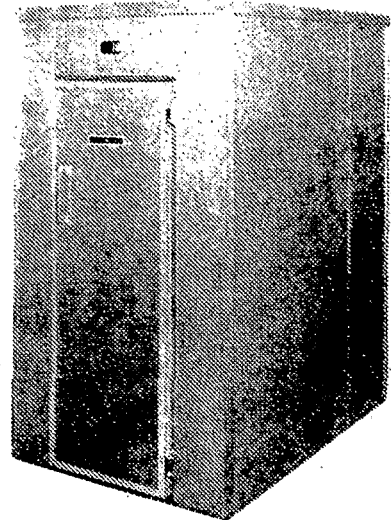
PETER FISHER TRADING PTY. LTD., 321 Pitt St., Sydney; 2000.

HAGEMEYER (A'SIA), 59 Anzac Parade, Kensington; 2033 et leurs Agences

Fabriqués par :



WARBURTON FRANKI



KERR BROS., 65 York St., Sydney; 2000.
NELSON & ROBERTSON PTY. LTD., 197 Clarence St., Sydney; 2000.
RABAU TRADING CO., PTY. LTD., B.P. 219, Rabaul, N.G., et leurs Agents.
ROY GALLIMORE & ASSOCIATES, B.P. 179, Port Vila, Nouvelles-Hébrides.
C. SULLIVAN (EXPORT) PTY. LTD., 60 Margaret St., Sydney; 2000 et Agents.
W.S. TAIT & CO., PTY. LTD., 31 Macquarie Place, Sydney; 2000 et leurs Agents.
MOROBEE FREEZER SALES & SERVICE, Box 1143, Lae, N.G.
KWAN HAW YUAN PTY. LTD., 105 Pitt St., Sydney; 2000.
H.Y. KWAN CO. PTY. LTD., 636-638 George St., Sydney; 2000.
LES CLARK & SON PTY. LTD., 197 Clarence St., Sydney; 2000.
GEOFFREY HUGHES EXPORT PTY. LTD., 27 King St., Sydney; 2000.

199 Parramatta Road, coin de Skarratt Street, Auburn (N.G.S.); 2144, Australie
Téléphone : 648 1711.

ACTIONNES PAR MATERIEL KELVINATOR

Garantie de 5 ans sur le compresseur.
Livraison rapide.